

## **ANÁLISIS FORENSE MEDIANTE TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS**

Carmen García-Ruiz

Departamento de Química Analítica, Química Física e Ingeniería Química e Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Policiales, Universidad de Alcalá, Ctra. Madrid-Barcelona Km. 33.6, 28871 Alcalá de Henares (Madrid), España.

E-mail: [carmen.gruiz@uah.es](mailto:carmen.gruiz@uah.es); Tel: + 34 91 885 64 31; Web: <http://www.inquifor.com>

En un análisis forense se obtiene información de los vestigios, indicios o evidencias recogidos en la escena de un delito. Estos vestigios son pruebas circunstanciales cuya información no puede obtenerse por conocimiento directo, por lo que la autoridad judicial solicita su análisis para conseguir más información. Una vez realizados los análisis necesarios, los peritos forenses elaboran un informe pericial que procura dar respuesta a las cuestiones relevantes planteadas por la autoridad judicial. Como ejemplo, cuando hay involucrada una explosión, una de las cuestiones reconstructivas más ampliamente demandadas es la identificación del explosivo presente en los residuos de explosión. En el caso de delitos con armas de fuego, la identificación de los residuos de disparo recogidos en el sospechoso o en otros elementos presentes en la escena del delito es una cuestión a la que los peritos forenses deben dar respuesta. Por tanto, a partir del análisis forense se obtiene información sobre la presencia o ausencia de ciertos compuestos, lo que puede ayudar a incriminar, o exculpar, a un sospechoso o a aclarar cómo han podido ocurrir los hechos.

Como el análisis forense se enmarca en una actuación judicial, una vez obtenidas las pruebas, es muy importante acreditar la cadena de custodia, que es el conjunto de documentos que indica qué, quién y cuando se ha tenido contacto con la prueba, antes de proceder a su análisis en el laboratorio. Éste suele comenzar realizando análisis no destructivos y, cuando es necesario, se realizan análisis destructivos que consumen parte o la totalidad de la muestra, con lo que se acaba con la posibilidad de realizar análisis futuros a la misma muestra. Los ensayos no destructivos suelen realizarse mediante microscopía y técnicas espectroscópicas. Por ello, estas técnicas juegan un papel muy relevante en los análisis forenses.

La mayor parte de las disciplinas forenses están muy avanzadas y emplean tecnología de última generación, pero sigue habiendo ciertas áreas de estudio en las que los resultados se obtienen mediante métodos observacionales basados en la experiencia del perito. Es por ello por lo que la química forense debe intervenir con la finalidad de ofrecer herramientas de análisis no basadas en la subjetividad y la experiencia del analista. Posiblemente, esta realidad, junto con el hecho de la relevancia de los análisis forenses en un proceso judicial, hacen que hoy en día la química forense sea cada vez más una ciencia forense emergente que intenta dar

respuesta a las necesidades y retos actuales en las ciencias forenses. Como ejemplo, desde la química forense se lleva a cabo el desarrollo de herramientas de análisis no destructivas (que dejen inalterados los vestigios a estudiar) que, además, puedan llevarse a la escena del delito.

Por otro lado, es importante remarcar que, aunque a nivel nacional la química forense en los laboratorios policiales se divide en tres áreas de trabajo (general, toxicología y criminalística), una aproximación más práctica es la que actualmente se realiza en la Red Europea de Institutos Forenses (ENFSI) [1]. En ENFSI hay constituidos distintos grupos de trabajo enfocados en tratar distintas temáticas, como por ejemplo explosivos, investigaciones de incendios y explosiones, armas y residuos de disparo o drogas. Nuestro grupo de investigación INQUIFOR [2], es un grupo de investigación universitario en química forense que trabaja en el marco del Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Policiales (IUICP) [3]. En INQUIFOR fomentamos una química forense interdisciplinar que contribuya a una investigación científica que de lugar a resolver algunos de los retos y problemáticas actuales de los distintos grupos de trabajo forense. Para ello, colaboramos con miembros de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado Español (Servicio de Criminalística de la Guardia Civil y Policía Científica del Cuerpo General de Policía, ambas instituciones del ministerio del interior) e instituciones de justicia como el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses y la Fiscalía General del Estado. Una buena comunicación y colaboración con estas instituciones ha hecho posible que en muy poco tiempo hayamos abordado problemáticas actuales relacionadas con artefactos explosivos improvisados o residuos de disparo mediante técnicas espectroscópicas como la espectroscopía Raman.

La espectroscopia Raman es una técnica vibracional no destructiva capaz de identificar inequívocamente la muestra de forma inmediata, característica que ha fomentado su uso en el campo forense en los últimos años. Por ello, hemos evaluado su aplicabilidad en el análisis de los residuos de disparo y residuos post-explosión.

Los residuos de disparo, que son el conjunto de partículas macro y microscópicas, quemadas y no quemadas, que se generan cuando se dispara un arma de fuego, se han estudiado mediante espectroscopía Raman. Esta técnica vibracional ha permitido comprobar que los espectros de los residuos de disparo son muy similares a los de la pólvora contenida en las municiones sin disparar y, además, hemos podido diferenciar estos residuos de disparo en función del estabilizante (etilcentralita y difenilamina) contenido en la pólvora de origen [4]. Por otro lado, hemos estudiado el efecto memoria del arma para valorar si se produce una contaminación debida a disparos previos. En este caso, utilizando un arma limpia de partida, se realizó una serie de disparos en los que se alternó munición con estabilizantes diferentes, siendo de este modo, posible su diferenciación para posteriormente determinar si tras disparar munición de un tipo se observaban residuos de disparo procedentes de la

munición anteriormente disparada. Los resultados obtenidos demostraron que la contaminación debida a este efecto era mínima por lo que la utilización de la espectroscopia Raman para el análisis de los residuos de disparo está prácticamente exenta de un efecto memoria del arma [5]. De este modo, se ofrece una nueva herramienta analítica a los laboratorios forenses para el análisis de los residuos de disparo, la cual presenta la ventaja de ofrecer información adicional a la técnica de elección actual, la microscopia electrónica de barrido (SEM-EDX).

El análisis de residuos post-exposición mediante espectroscopia Raman apenas se ha investigado hasta la fecha, probablemente debido a las dificultades de obtener muestras post-exposición. Sin embargo, hemos comprobado que esta técnica presenta un gran potencial, especialmente para identificar residuos de explosivos basados en oxidantes inorgánicos. Hemos demostrado como es posible detectar residuos de ANFO (mezcla de nitrato amónico y diesel), dinamita y pólvora negra en alguna de las once matrices estudiadas por poder estar presentes en una explosión (camiseta de algodón, bolsa de plástico, cartón, metal, vidrio, madera contrachapada, tableros de partículas, ladrillo, yeso, neumáticos y carne de cerdo cruda, además de la planta de cráter). Estos resultados son muy interesantes desde un punto de vista forense por dos motivos: (i) los artefactos explosivos improvisados más utilizados por delincuentes y terroristas son los basados en los oxidantes inorgánicos debido a la facilidad para obtenerlos de material pirotécnico (pólvora negra) o fertilizantes (nitrato amónico) o a que son explosivos comerciales y (ii) la espectroscopia Raman permite identificar la sal empleada en el explosivo, hecho muy relevante químicamente porque, hasta ahora, los análisis forenses sólo proporcionaban información sobre la composición en aniones y cationes, pero no la sal.

### Referencias

- [1] European Network of Forensic Science Institutes <http://www.enfsi.eu/> (Consultada el 21 de julio de 2014).
- [2] Grupo de INvestigación en QUímica FORense. [www.inquifor.com](http://www.inquifor.com) (Consultada el 21 de julio de 2014).
- [3] Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Policiales. <http://www.uah.es/IUICP/> (Consultada el 21 de julio de 2014).
- [4] M. López-López, J.J. Delgado, C. García-Ruiz, Ammunition identification by means of the organic analysis of gunshot residues using Raman spectroscopy, *Anal. Chem.* 2012, 84, 3581-3585.
- [5] M. López-López, J.J. Delgado, C. García-Ruiz, Analysis of macroscopic gunshot residues by Raman spectroscopy to assess the weapon memory effect, *Forensic Sci. Int.* 2013, 231, 1-5.